

Relatório técnico sobre o Programa de Monitorização dos Ecossistemas Terrestre e Estuarino na Envolverte à CTRSU de S. João da Talha

Novembro de 2012

Sim-Sim M., L. S. Gordo, V. Brotas, M. J. Boavida, M. Caetano, C. Garcia, J. Henriques, A. M. Neves e R. Rebelo.

1. Introdução

A monitorização ambiental desempenha um papel fundamental para o acompanhamento da evolução dos ecossistemas e detecção de possíveis alterações ambientais. A poluição é, nos dias de hoje, um grave problema de saúde pública. Admite-se que um terço dos moradores de cidades Europeias está exposto a concentrações excessivas de matérias poluentes (PM – “Particulate matter”). Embora a União Europeia tenha realizado progressos nas últimas décadas para reduzir a poluição, em muitos países, as concentrações ainda estão acima dos limites legais e recomendados para proteger a saúde dos cidadãos europeus. Os dados publicados em 25 de Setembro de 2012, pela Agência Europeia do Ambiente demonstram, mais uma vez que, é de extrema importância que se efectue a caracterização e monitorização ambiental, nomeadamente em locais com forte pressão humana e industrial. Daí ser necessário dar continuidade a estudos como o “Programa de Monitorização dos Ecossistemas Terrestre e Estuarino na Envolverte à CTRSU de S. João da Talha”.

Para tal, procurou-se estabelecer um programa de monitorização que melhor se adaptasse à área de estudo, permitindo avaliar os efeitos sobre os ecossistemas em várias vertentes: flora epífita, flora vascular e aves (ambiente terrestre); fitoplâncton, zooplâncton, algas macrófitas, vegetação halófitas, macroinvertebrados e ictiofauna (ambiente estuarino). O

primeiro ano de monitorização teve como principal objectivo a criação de valores de referência, correspondendo ao ano anterior à construção da CTRSU; todos os dados obtidos posteriormente foram comparados com os valores de referência. Nesta altura, temos uma série temporal de dados de 13 anos, que constitui um valioso património sobre o conhecimento dos ecossistemas terrestre e estuarino na área circundante à CTRSU.

No presente trabalho apenas serão apresentados os resultados de um número reduzido de componentes (flora epifítica, aves, fitoplâncton, zooplâncton, macroinvertebrados e ictiofauna).

2. Flora epifítica

A monitorização da flora epifíticas na zona envolvente à Central de Tratamento de Resíduos Sólidos e Urbanos (CTRSU) de São João da Talha, realizada ao longo de 2012, permitiu avaliar 33 estações de monitorização das 44 seleccionadas durante o primeiro ano, antes da CTRSU iniciar a sua actividade (Fig. 1). As características destas estações de amostragem da flora epifítica foram integradas em Sistemas de Informação Geográfica e numa base de dados, que tem sido anualmente actualizada.

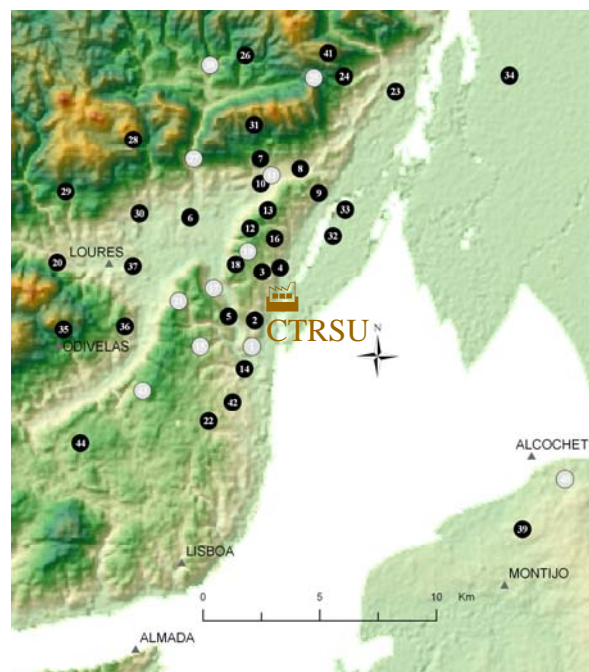


Figura 1. Localização dos levantamentos de flora epifítica na área envolvente à CTRSU da Valorsul. ● Estações de monitorização biológica da flora epifítica. ● Estações não monitorizadas nos anos de 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 e 2012.

A metodologia adoptada para a monitorização das comunidades criptogâmicas epifíticas seguiu exactamente os mesmos critérios dos anos anteriores. Em cada estação, a área de amostragem correspondeu sempre que possível a um mínimo de 10 árvores de *Olea europaea* L. onde se analisou a composição, vitalidade e área de cobertura das diferentes espécies criptogâmicas. Nas estações 32 e 33 devido à inexistência de árvores da espécie *Olea europaea* foram amostrados mióporos (*Myoporum acuminatum* R. Br.), e na estação 20 o carvalho português (*Quercus faginea* Lam.). Em cada local de amostragem identificou-se e registou-se, numa ficha de campo, o total de *taxa* presentes assim como o valor de sociabilidade (Si) e vitalidade (Vi) para cada *taxon*, de acordo com as escalas quantitativas de Bento-Pereira & Sérgio (1983).

Representou-se numa folha de acetato a área ocupada por cada colónia de briófito ou líquene numa área previamente marcada (220 cm²), no forófito seleccionado, em cada uma das estações de amostragem. Nesse forófito foram inicialmente colocados identificadores adequados, de modo a permitir o reconhecimento da árvore seleccionada e facilitar a colocação do acetato em cada ano de monitorização. Esta metodologia tem permitido monitorizar a dinâmica das populações de briófitos e líquenes ao longo dos anos e a evolução da diversidade global destas comunidades na área em estudo.

Nestas estações de amostragem foram encontrados 91 taxa, dos quais 66 taxa de líquenes e 25 taxa de briófitos (23 musgos, 2 hepáticas). A Riqueza Florística (RF) apresenta ligeiras oscilações comparativamente ao ano anterior, nomeadamente nas estações 4B, 31, 34A e 35 em que houve diminuição do valor de RF e nas estações 5, 7, 30A, 36 e 39 ocorreu um ligeiro aumento. Nas estações 4B, 31, 34A e 35 deixou de se detectar *Dialytrichia mucronata* (Brid.) Broth., *Ramalina obtusata* (Arnold) Bitter, *Zygodon rupestris* Schimp. ex Lorentz e *Teloschistes chrysophthalmus* (L Th. Fr.), respectivamente. Por seu lado, na estação 5 foi detectado o líquene *Collema furfuraceum* (Arnold) Du Rietz, na estação 30A, o musgo *Bryum capillare* Hedw. e na estação de monitorização 36 observou-se o musgo *Orthotrichum diaphanum* Brid.. Na estação 7 ocorreu o aparecimento de dois musgos *Sematophyllum substrumulosum* Hampe Britt e *Dicranoweisia cirrata* (Hedw.) Lindb., enquanto na estação 39 ocorreram dois novos líquenes *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale e *Parmotrema reticulatum* Taylor M Choisy. Na estação 23A, embora a Riqueza Florística se tenha mantido de 2011 para 2012,

verificou-se o desaparecimento do musgo *Homalothecium sericeum* (Hedw.) B., S. & G e o aparecimento do líquene *Collema furfuraceum* (Arnold) Du Rietz. É importante realçar que as espécies de epífitos que desapareceram em algumas estações, são consideradas na generalidade bastante mais sensíveis à qualidade ambiental, que as espécies colhidas de novo noutras estações, o que poderá revelar uma ligeira degradação da qualidade do ar.

Tal como se verificou para a RF, o Índice de Pureza Atmosférica (IPA), que tem em conta não só a presença de uma dada espécie no local de amostragem, mas também a cobertura da totalidade das colónias dessa mesma espécie nesse local apresenta ligeiras oscilações.

Assim, os valores de IPA mantiveram-se constante em 19 estações de monitorização, diminuíram em 5 estações de monitorização (4B, 6, 28, 34A e 35) e aumentaram em 9 estações de monitorização (5, 7, 22, 23A, 30A, 31, 36, 39 e 44) comparativamente ao ano anterior. Tal como se tem verificado nos últimos anos, a estação 14A apresenta o valor de IPA mais baixo, com 0.6., em contrapartida a estação de monitorização 20 apresenta o valor mais elevado com 12.2. Como seria de esperar, estas estações correspondem às estações com menor e maior RF, respectivamente.

2.1. Análise da zonação de regiões isocontaminadas

Na figura 2 pode visualizar-se a evolução da zonação das classes de RF, ao longo dos 13 anos de monitorização das comunidades criptogâmicas epifíticas (briófitos e líquenes) na zona envolvente à CTRSU de São João da Talha. Pode observar-se que desde o início da monitorização existem ligeiras modificações nas diferentes classes, no entanto, as zonas com valores mais elevados (a verde) e mais baixos (a castanho) mantêm-se na generalidade constantes. As oscilações observadas reflectem essencialmente a dinâmica natural das populações e também o decréscimo no número de estações de amostragem, o que contribui para que as linhas de isocontaminação apresentem ligeiras modificações. No entanto, nos últimos anos tem-se verificado que, na generalidade, as espécies que estão a desaparecer são espécies sensíveis à poluição ambiental enquanto as que espécies que são detectadas de novo são geralmente espécies sensíveis a alterações ambientais, o que poderá revelar a longo prazo a degradação do meio ambiente na zona de amostragem.

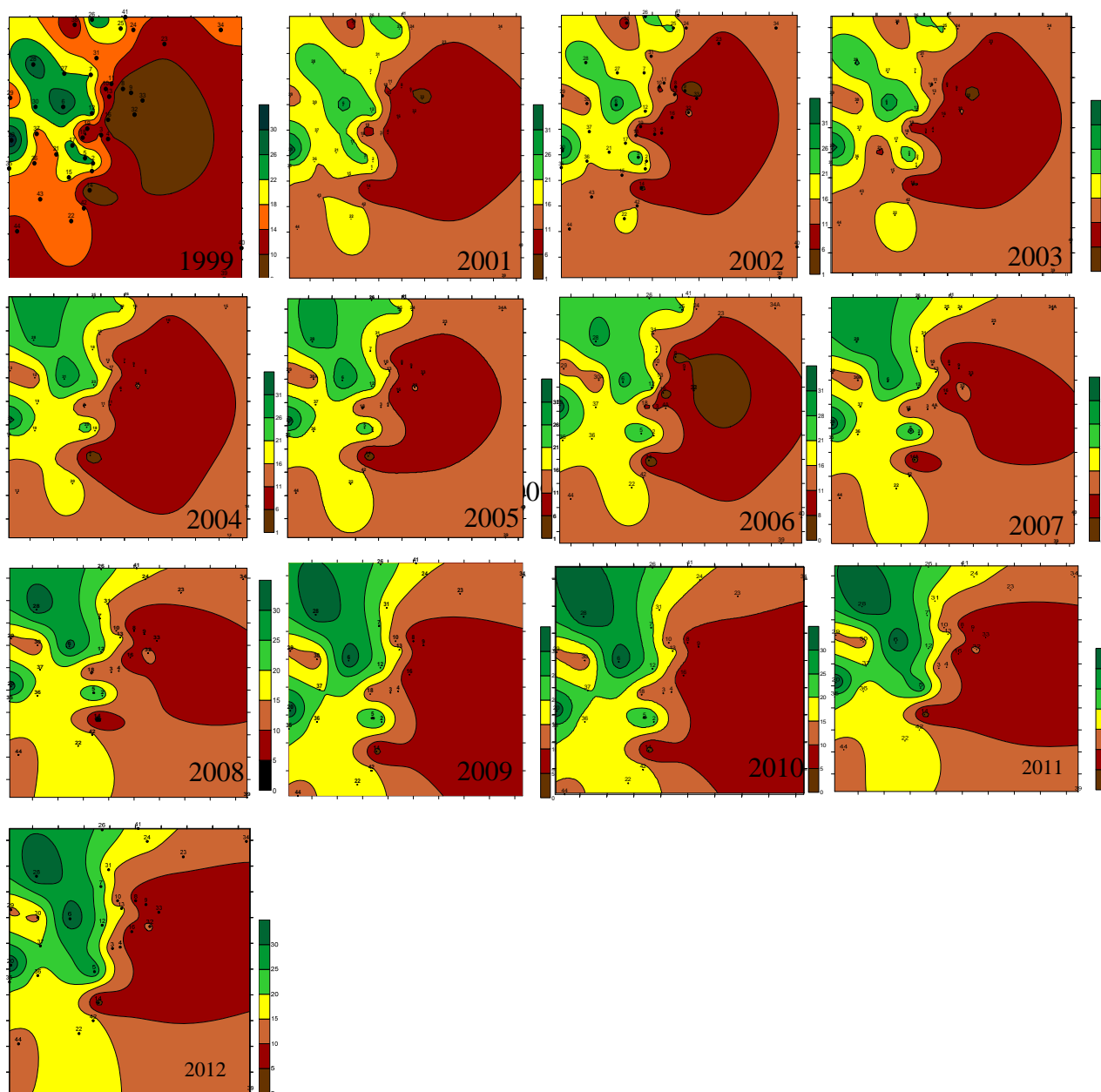


Figura. 2. Evolução do padrão de distribuição da zonação de classes de RF para cada estação de amostragem entre 1999 e 2012.

Por sua vez, na figura 3 pode visualizar-se a evolução da zonação das classes de IPA ao longo dos 13 anos de monitorização das comunidades criptogâmicas epifíticas (briófitos e líquenes) na zona envolvente à CTRSU de São João da Talha. Verificaram-se algumas alterações na distribuição das diferentes classes, resultantes das pequenas oscilações registadas nos locais de monitorização. Tal como foi referido para a zonação do RF, este

facto deve-se principalmente à dinâmica natural das populações e ao decréscimo no número de estações de amostragem. No entanto, as espécies que estão a desaparecer são espécies sensíveis à poluição ambiental enquanto as que são detectadas de novo são geralmente espécies sensíveis a alterações ambientais. Assim, as linhas de isocontaminação alteram-se ligeiramente diferente o que poderá estar relacionado com um ligeiro agravamento da qualidade ambiental na área de estudo.

De um modo geral, as zonas a verde, que representam valores de RF e IPA mais elevados, predominam a NW da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos e Urbanos. Esta zona encontra-se relativamente distante das grandes unidades industriais, aglomerados urbanos e das principais vias de tráfego, onde ainda podem ser encontrados locais com vegetação semi-natural.

2.2. Análise da presença/ausência de alguns grupos funcionais

No presente ano foram analisados individualmente a cobertura alguns grupos funcionais da flora epifítica, isto é, grupo de organismos que respondem da mesma forma a determinadas variáveis ambientais ou mesmo a um determinado impacto. Assim, foram analisadas separadamente as coberturas de líquenes e briófitos. Dentro dos líquenes foram definidos três grupos funcionais tendo em conta a sua forma de vida (fruticulosos, foliáceos e crustáceos). Por sua vez, nos briófitos foram apresentados dois grupos funcionais tendo em conta as suas características morfológicas (hepáticas e musgos).

Líquenes fruticulosos

Os líquenes fruticulosos são bastantes sensíveis a alterações ambientais, daí serem de extrema importância para o processo de monitorização dos ecossistemas terrestres na zona circundante à Central de Tratamento de Resíduos Sólidos e Urbanos (CTRSU) de São João da Talha. Estes organismos são os primeiros a revelar os indícios dessas alterações, nomeadamente na redução da sua cobertura, frequência e fertilidade, podendo mesmo desaparecer quando as alterações ambientais se degradam. Este grupo funcional

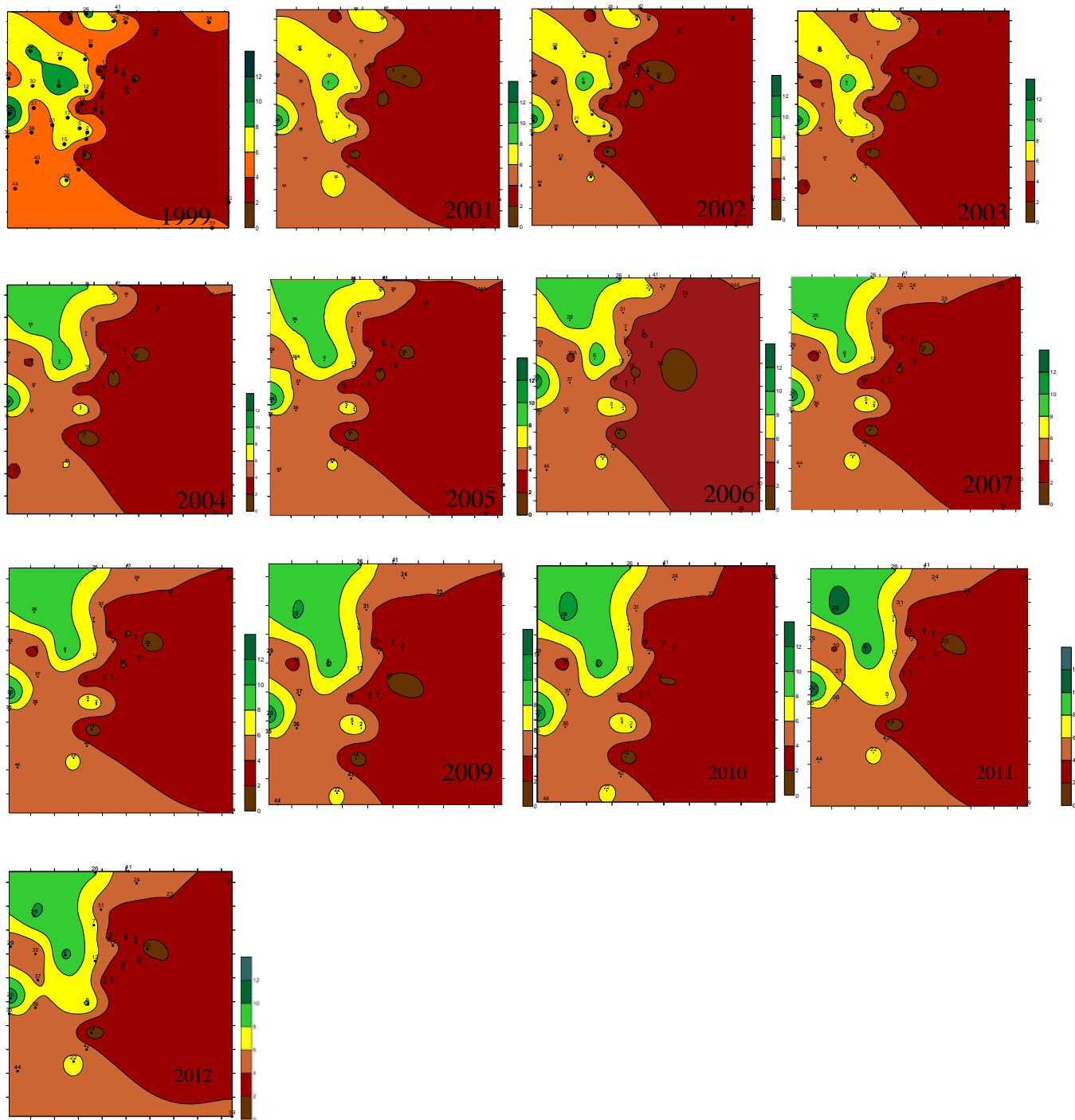


Figura 3. Evolução do padrão de distribuição da zonização de classes de IPA para cada estação de amostragem entre 1999 e 2012.

não se encontra na maioria das estações de monitorização, facto que já seria de esperar pois a região de monitorização apresenta alta densidade populacional e é uma zona

bastante industrializada. No entanto, nas estações com maior número de espécies (RF) e com valores elevados de IPA, apresentam também coberturas elevadas de líquenes fruticulosos. Comparativamente com o ano anterior verificou-se apenas alteração de cobertura total deste líquene na estação 35, que passou de 3 para 2, devido ao desaparecimento da espécie *Teloschistes chrysophthalmus* (L.) Th. Fr. Pode-se ainda referir que as estações 6 e 20 são as que apresentam uma maior cobertura total destes organismos.

Líquenes foliáceos

Este grupo funcional é medianamente sensíveis às condições ambientais, em especial diversas espécies de *Parmelia* e *Nephroma*. Ao contrário do que se verifica para os líquenes fruticulosos, os líquenes foliáceos apresentam uma ocorrência relativamente elevada, estando presentes na maioria das estações monitorizadas. No presente ano observaram-se pequenas oscilações relativas à cobertura total em 2 locais de monitorização. Nas estações 5 e 39, verificou-se um pequeno aumento da cobertura total deste líquene. Na estação 5 verificou-se o aparecimento de *Collema furfuraceum* (Arnold) Du Rietz enquanto na estação 39 apareceram os líquenes *Parmotrema reticulatum* Taylor M Choisy e *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale., as duas últimas espécies que podem ser consideradas medianamente sensíveis a alterações da qualidade ambiental, enquanto a primeira pode ser considerada mais resistente. Em ambos os casos as alterações podem considerar-se pequenas e por conseguinte pouco significativas. Assim, e tal como acontece com os líquenes fruticulosos, estações 6 e 20 são as que apresentam uma maior cobertura total.

Líquenes crustáceos

Estes líquenes apresentam uma elevada tolerância às alterações ambientais devido às suas características biológicas particulares. Ocorrem com frequência em zonas onde não se desenvolvem outras espécies mais sensíveis, pelo que tendem a apresentar elevada cobertura e frequência em locais mais poluídos, por falta de competição com outras formas de vida menos resistentes. São organismos também designados de pioneiros pois, tal como o nome indica, são os primeiros a ocupar um dado habitat, neste caso de estudo

o ritidoma das árvores. Este grupo funcional domina a área de estudo por apresentar na generalidade uma elevada capacidade de colonização de substratos e apresentar uma dinâmica populacional rápida.

No presente ano e comparativamente com 2011, este grupo funcional não apresenta qualquer alteração de cobertura total. Sendo líquenes muito resistentes a alterações ambientais, podem ser observados em todas estações de monitorização.

Musgos

Pela análise da cobertura dos diferentes taxa ao longo dos anos de monitorização verifica-se que é o grupo funcional que apresenta um maior número de variações. No presente ano, verificou-se alteração na cobertura total dos musgos em 11 estações de monitorização, das quais 4 (4B, 6, 23 e 34A) sofreram uma ligeira diminuição e as restantes 7 (5, 7, 22, 30A, 31, 36 e 44) um ligeiro aumento. Destacam-se as estações 4B, 23A e 34A em que deixaram de ser observadas as espécies *Dialytrichia mucronata* (Brid.) Broth., *Homalothecium sericeum* (Hedw.) B., S. & G. *Zygodon rupestris* Schimp. ex Lorentz, respectivamente. Por seu lado, na estação 7 deu-se o aparecimento de *Sematophyllum substrumulosum* (Hampe) E.Britton e *Dicranoweisia cirrata* (Hedw.) Lindb., na estação 30A de *Bryum capillare* Hedw. e, por ultimo, na estação de monitorização 36 observou-se o aparecimento de *Orthotrichum tenellum* Bruch ex Brid. Os dados observados indicam que as ligeiras oscilações que ocorreram na cobertura total dos musgos devem estar relacionadas com a dinâmica natural destas populações, que estão directamente relacionadas com as condições climáticas.

Hepáticas

Dentro dos briófitos, as hepáticas são um grupo de organismos bastante vulnerável a alterações do meio ambiente, quer sejam alterações climáticas, nomeadamente luminosidade, temperatura e humidade, quer sejam alterações da qualidade do ar. Qualquer alteração vai-se reflectir num decréscimo de cobertura das colónias, diminuição da sua frequência, e no desaparecimento da reprodução sexuada. A análise da sua dinâmica pode fornecer informações valiosas acerca das alterações nos ecossistemas, especialmente as que têm origem em factores antrópicos. Pela análise da figura 2.13 e

comparativamente com o ano de 2011, apenas se verificou uma ligeira aumento de cobertura deste grupo funcional na estação 30A. Esta alteração deveu-se a aumento da cobertura da *Frullania dilatata* (L.) Dumort. da classe 2 para a classe 3.

2.3. Zonas de qualidade ambiental da região envolvente à CTRSU

Como resultado da monitorização na região envolvente à Central de Tratamento de Resíduos Sólidos e Urbanos de São João da Talha foi possível classificar as estações de monitorização mediante a sua qualidade ambiental (Tab. 1). Apresenta-se uma classificação em três classes (fraca, intermédia e boa) com base no valor do Índice de Pureza Atmosférica de cada local de amostragem. Assim, as zonas com IPA inferior ou igual a 4 apresentam uma qualidade ambiental fraca; entre 4 e 8, a qualidade ambiental é intermédia; e, por fim, a qualidade ambiental pode ser considerada boa nas estações de monitorização em que o IPA é igual ou superior a 8. Para esta classificação utilizam-se apenas os valores de IPA uma vez que estes contabilizam a presença e a cobertura de uma dada espécie, ao invés da RF que apenas considera o número de espécies do local de amostragem. No presente ano, verificou-se apenas uma pequena alteração nesta classificação, comparativamente ao ano anterior. O local 39 transitou da classe: qualidade ambiental fraca para a classe: qualidade ambiental intermédia, devido ao aparecimento das espécies *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Parmotrema reticulatum* Taylor M Choisy, o que corresponde a uma alteração dos valores de IPA de 4.0 para 4.3. Nas restantes estações, embora tenham ocorrido pequenas oscilações quer no número de espécies quer na sua cobertura, não conduziram a alterações nas classes de qualidade ambiental.

Tabela 1. Zonas de qualidade ambiental da área em estudo para 2012.

Zonas de qualidade do ar	Fraca IPA ≤4	Intermédia 4 < IPA < 8	Boa IPA ≥ 8
Estações de amostragem	3; 4B; 8; 9; 10; 14A; 16; 23A; 30A; 32; 33; 34A	7; 12; 13B; 22; 24; 29; 31; 35; 36; 37A; 39; 41; 42; 44	5; 6; 20; 26; 28
Espécies dominantes	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Ortotrichum diaphanum</i> - <i>Syntrichia laevipila</i> (com gemas) - <i>Diploicia canescens</i> - <i>Lecanora</i> sp. - <i>Physcia tenella</i> - <i>Xanthoria parietina</i> - <i>Schismatomma decolorans</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Homalothecium sericeum</i> (estéril) - <i>Pterogonium gracile</i> (estéril) - <i>Zygodon rupestris</i> - <i>Frullania dilatata</i> - <i>Candelariella xanthostigma</i> - <i>Hyperphyscia adglutinata</i> - <i>Hypocnomyce stoechadiana</i> - <i>Flavoparmelia caperata</i> - <i>Parmotrema reticulatum</i> - <i>Pertusaria</i> sp. - <i>Physcia adscendens</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Cryphaea heteromalla</i> - <i>Homalothecium sericeum</i> (fértil) - <i>Leptodon smithii</i> - <i>Leucodon sciuroides</i> - <i>Pterogonium gracile</i> (fértil) - <i>Radula lindenbergiana</i> - <i>Parmelia</i> sp. - <i>Ramalina</i> sp.

Qualidade Ambiental Fraca

Nesta classe encontram-se as estações com um número de espécies reduzido e com valores de cobertura muito baixos, o que geralmente está associado a locais com elevada intervenção humana. Assim sendo, as estações de monitorização 3, 4B, 8, 9, 10, 14A, 16, 23A, 30A, 32, 33 e 34 são classificadas como apresentando uma qualidade ambiental fraca. Comparativamente com o ano anterior, esta classe apresenta menos uma estação, a estação 39 que devido ao aparecimento de duas novas espécies, transitou para a classe seguinte. Nas estações com qualidade ambiental fraca apenas foram identificadas espécies resistentes à poluição, como é o caso da maioria dos líquenes crustáceos *Diploicia canescens* (Dickson) Massal. e *Lecanora* sp. e *Schismatoma decolorans* (Sm.) Clauz. & Vezda) e de alguns líquenes fruticulosos *Physcia tenella* (Scop.) DC., *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.. Relativamente aos musgos, maioritariamente podem ser observadas espécies como *Ortotrichum diaphanum* Brid. e *Syntrichia laevipila* Brid (com gemas). Ambas são tolerantes a níveis de SO₂ elevados, no entanto, parecem não resistir a valores superiores a 125 µg/m³ (Sérgio & Bento-Pereira, 1981; Sérgio & Sim-

Sim, 1985) e são as mais comuns nos ritidomas das árvores de grandes zonas urbanas. Embora estas espécies possam também desenvolver-se em locais pouco poluídos, são geralmente menos frequentes e apresentam menor cobertura. Nesses locais estão sujeitas a uma forte competição com outras taxa mais sensíveis.

Qualidade Ambiental Intermédia

Nesta classe encontram-se maioritariamente espécies moderadamente resistentes a poluição ambiental, pelo que é a classe com maior número de estações de monitorização. As estações 7, 12, 13B, 22, 24, 29, 31, 35, 36, 37A, 39, 41, 42, 44 foram assim classificadas como tendo uma qualidade ambiental intermédia, correspondem a 45% do total de estações monitorizadas. Comparativamente com o ano de 2011 verificou-se que a estação número 39 foi adicionada a esta classe, devido à identificação de duas novas espécies neste local. Nesta classe encontram-se a maioria dos líquenes crustáceos como *Candelariella xanthostigma* (Ach.) Lettau, *Hypocenomyce stoechadiana* Abbassi Maaf et Roux e *Parmotrema reticulatum* Abbassi Maaf et Roux, líquenes foliáceos como *Hyperphyscia adglutinata* (Florke) Mayrh. et Poelt, *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Parmotrema reticulatum* Taylor M Choisy e *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier; e ainda líquenes fruticulosos como espécies do género *Ramalina*, no entanto, sem apresentarem frutificação. Nesta classe são ainda representativos os musgos como *Homalothecium sericeum* (Hedw.) B., S. & G., *Pterogonium gracile* (Hedw.) Sm. e *Zygodon rupestris* (Hartm.) Milde que na sua maioria se encontram estéreis.

Qualidade Ambiental Boa

Esta classe engloba todos os locais com elevado Índice de Pureza Atmosférica a que se associam, em geral, espécies sensíveis à poluição atmosférica. São espécies que apresentam habitualmente uma elevada cobertura e diferenciam estruturas reprodutivas. As estações 5, 6, 20, 26 e 28 foram classificadas como apresentando uma qualidade ambiental boa e correspondem a 16% do total de estações monitorizadas. Não se observou qualquer alteração de 2011 para 2012 na composição desta classe. Nela podem ser visualizados maioritariamente musgos como *Cryphaea heteromalla* (Hedw.) Mohr,

Homalothecium sericeum (Hedw.) B., S. & G., *Leptodon smithii* (Hedw.) Web. & Mohr., *Leucodon sciuroides* (Hedw.) Schwaegr. e *Pterogonium gracile* (Hedw.) Sm., na sua maioria férteis. *Radula lindenbergiana* Gott. ex C. Hartm. pode ser considerada a hepática mais representativa nestes locais. No grupo dos líquenes podemos observar diversas espécies de *Parmelia* sp. e de *Ramalina* sp., que apresentam formas de vida do tipo foliáceo e fruticuloso, respectivamente.

Conclusões

O estudo das comunidades epifíticas de briófitos e líquenes na região envolvente à CTRSU de São João da Talha tem-se revelado muito apropriado para o projecto de monitorização ambiental. Através da presença/ausência de espécies ou grupos de espécies (grupos funcionais) bem como a sua estratégia de vida aliado ao conhecimento da sua sensibilidade ou tolerância às alterações ambientais tem sido possível avaliar a qualidade ambiental da região.

No presente ano, e tal como se tem verificado ao longo dos anos de monitorização, ocorreram ligeiras oscilações nos valores de RF e de IPA. Estas alterações estão associadas essencialmente à dinâmica natural das espécies e variação climática embora se tenham verificado um aumento de espécies moderadamente resistentes e o desaparecimento de algumas espécies sensíveis o que pode significar uma ligeira degradação das condições ambientais da área de estudo. As comunidades epifíticas apesar de não se desenvolverem em condições óptimas, por se tratar de uma região de elevada densidade populacional e industrial, apresentam uma diversidade média, o que é raro noutras cidades da Europa com valores semelhantes para a densidade populacional e uma actividade industrial idêntica.

3. Vertebrados terrestres

3.1. Transectos Terrestres

Os trabalhos de monitorização da fauna de vertebrados dos ecossistemas terrestres contemplam a monitorização da comunidade de aves de rapina diurnas em áreas do Parque Natural do Estuário do Tejo (PNET) próximas da CTRSU.

A figura 4 apresenta os resultados das contagens das cinco espécies de aves de rapina mais comuns no PNET nos meses de Dezembro/ Janeiro desde o início dos trabalhos de monitorização.

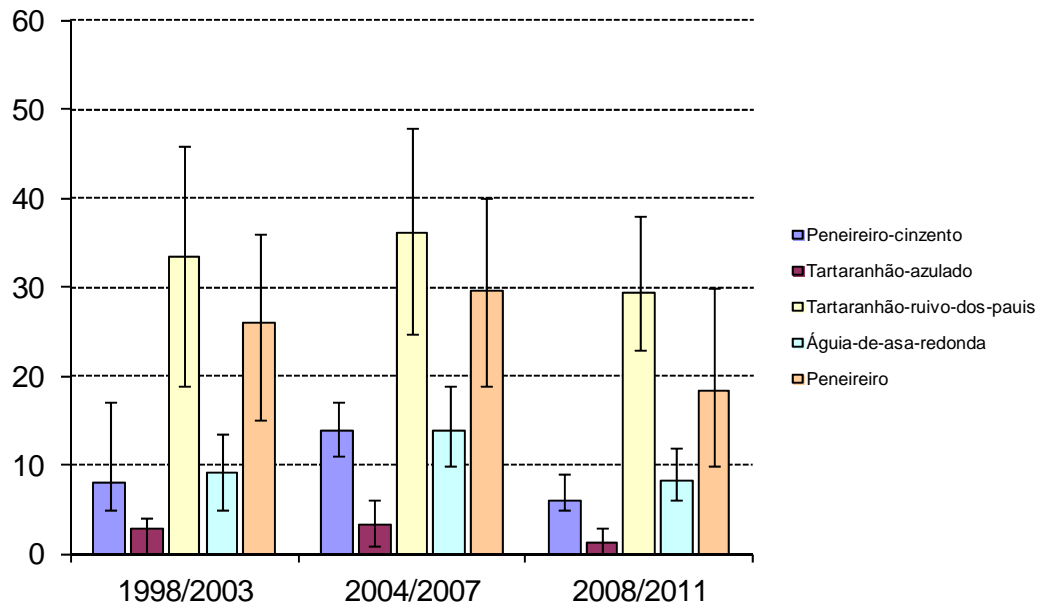


Figura 4. Contagens das aves de rapina mais comuns no transecto T3 – Parque Natural do Estuário do Tejo - na época de Dezembro/ Janeiro. As barras a cheio indicam os valores médios e as barras de erro indicam os censos máximos e mínimos de cada espécie em cada um dos tetraénios.

O gráfico revela que a comunidade de aves de rapina que inverte no PNET se tem mantido muito semelhante ao longo de todo o programa de monitorização, apesar de uma grande variabilidade interanual. Quatro destas espécies - tartaranhão-ruivo-dos-pauis, peneireiro, peneireiro-cinzento e águia-de-asa-redonda - são residentes no nosso país, estando assim expostas durante todo o ano às condições locais. Os resultados apontam assim para uma manutenção dos efectivos invernantes, se bem que haja uma aparente diminuição das duas espécies de peneireiro durante o último tetraénio.

3.2. Sectores de contagem de avifauna estuarina

As contagens são efectuadas em dois grupos de sectores - três sectores próximos da CTRSU (margem direita) e dois sectores situados na região menos intervencionada e com menor perturbação humana do PNET (margem esquerda).

A figura 5 mostra os efectivos médios de duas espécies muito conspícuas e de interesse conservacionista, que se alimentam nas areias e vasas intermareais do estuário - o flamingo, *Phoenicopterus ruber* e o alfaiate, *Recurvirostra avosetta* – censados nas duas margens do estuário ao longo do programa de monitorização.

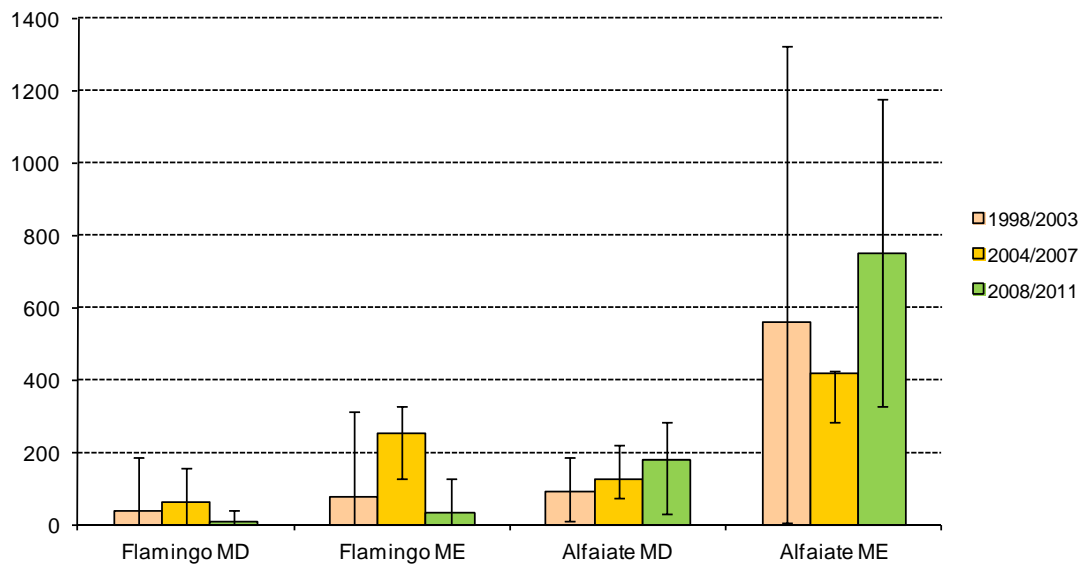


Figura 5. Número de flamingos e alfaiaetes censados no estuário nos meses de Dezembro e Janeiro durante o programa de monitorização. MD – margem direita; ME – margem esquerda. As barras a cheio indicam os valores médios e as barras de erro indicam os censos máximos e mínimos de cada espécie em cada um dos tetraénios (o primeiro intervalo engloba 5 anos).

Ambas as espécies apresentam efectivos mais elevados na margem esquerda, a menos intervencionada do estuário e as flutuações anuais observadas na margem direita do estuário acompanham as observadas na margem esquerda. As flutuações interanuais são, nestas espécies migradoras, muito mais marcadas que para as rapinas censadas no transecto terrestre, o que está relacionado com as variações interanuais na qualidade dos vários locais de invernada na Europa do Sul por onde as populações invernantes destas espécies se dispersam em cada Inverno. A aparente diminuição de flamingos no estuário no último tetraénio pode corresponder na realidade ao abandono dos sectores de contagem e à utilização de outras regiões, uma vez que os efectivos censados junto à Ponte Vasco da Gama têm-se mantido nos últimos anos (R. Rebelo, obs. pess.). A

diminuição do uso de algumas regiões do estuário pelos flamingos pode estar relacionada com a diminuição da concentração de fitoplâncton que pode levar as aves a procurar regiões mais produtivas, mas esta é uma questão ainda não esclarecida.

4. Fitoplâncton e Zooplâncton

O fitoplâncton é considerado uma comunidade chave nos ecossistemas estuarinos, dado que responde rapidamente a alterações ambientais. O seu crescimento depende da luz, dos nutrientes e da estabilidade da coluna de água. No estuário do Tejo, os nutrientes como os nitratos e silicatos chegam ao estuário principalmente por via fluvial, enquanto os fosfatos são renovados através da ressuspensão dos sedimentos. O zooplâncton é constituído por pequenos animais pertencentes a vários grupos e cuja deslocação depende das correntes. Muitos destes organismos efectuem migrações verticais na coluna de água, que dependem das marés e da alternância dia/noite. Alguns destes animais vivem toda a sua vida no plâncton, sendo verdadeiramente planctónicos, e outros apenas durante uma parte do seu ciclo de vida, geralmente na fase larvar. A importância destes organismos nos ecossistemas aquáticos obriga a um conhecimento das suas populações e da sua relação com a disponibilidade de alimento (fitoplâncton em grande parte) e a comunidade de peixes, a quem por seu turno servem de alimento.

A recolha de amostras para o estudo das comunidades de Fitoplâncton e Zooplâncton foi efectuada em situação de maré morta, em preia-mar, no início da vazante, nas 3 estações situadas na área envolvente à CTRSU. Nos primeiros anos do projecto as colheitas eram mensais, nos anos mais recentes foram reduzidas para um total entre 6 a 10 colheitas por ano.

No presente relatório apresenta-se a série de dados, desde 1999 até ao final de 2012. A Figura 6 ilustra os valores mensais de Clorofila a obtidos em todas as estações (gráfico de topo) e o desvio em relação à média total dos valores médios anuais (gráfico inferior). Parece haver um decréscimo da clorofila a, índice de biomassa do Fitoplâncton, desde 2005 até ao presente. Este decréscimo pode estar relacionado com a introdução da amêijoia-japonesa (*Ruditapes philippinarum*) no estuário do Tejo, que teve recentemente uma explosão demográfica (Gaspar, 2010). Com efeito, sendo um bivalve filtrador, a

amêijoia pode ser responsável pela diminuição de biomassa fitoplanctónica observada. A amêijoia-japonesa é uma espécie exótica, cuja apanha é ilegal; deste modo, não temos meios de testar esta hipótese, dado que não existem dados temporais de abundância ou de esforço de pesca. Em 2012, a biomassa fitoplanctónica parece já estar a recuperar.

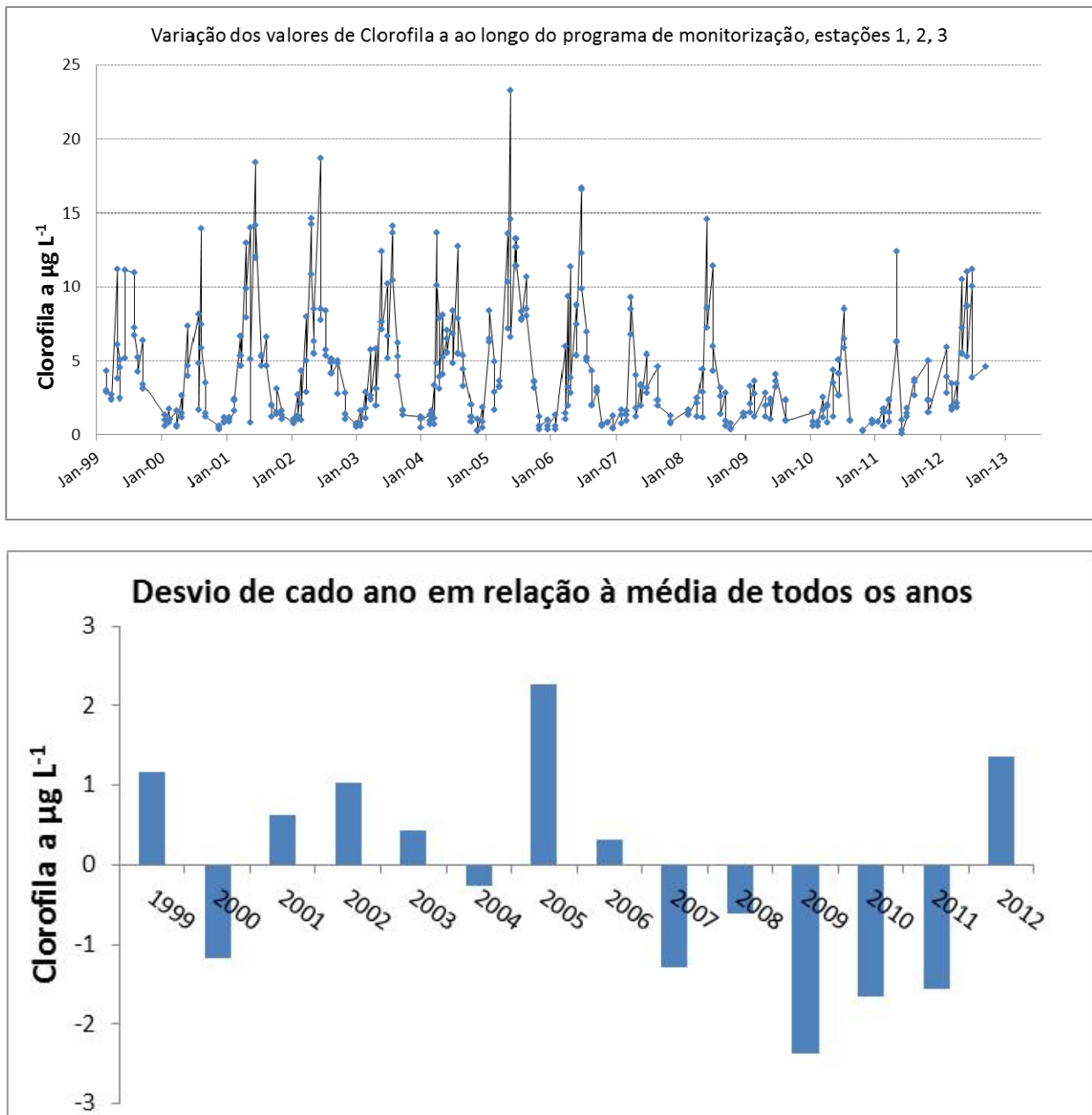


Figura 6. Série total de resultados dos valores de clorofila *a* (índice de biomassa para o Fitoplâncton), para as estações estudadas (gráfico de cima). Desvio de cada valor da média anual em relação á média dos valores dos anos todos (gráfico de baixo).

No entanto, apesar desta tendência verificada na biomassa, a comunidade, nos últimos anos, mantém-se semelhante aos anos até 2005. Nomeadamente, as diatomáceas continuam a ser o grupo taxonómico dominante, enquanto os grupos taxonómicos potencialmente causadores de fenómenos de “blooms” nocivos, isto é, os dinoflagelados e as cianobactérias, mantêm-se em concentrações reduzidas. Deste modo, pode-se concluir que a elaboração da Central não está a ter efeitos negativos na comunidade de Fitoplâncton do Estuário do Tejo.

Em relação à densidade de Zooplâncton, observa-se que, ao longo deste período de monitorização, houve aumentos de densidade significativos por volta dos anos de 2004 e 2006, tendo os valores voltado a baixar até 2009. Em 2010, notou-se um aumento de densidade para valores ligeiramente inferiores aos de 2004-2006, e em 2011 e 2012 os valores de densidade mantiveram-se relativamente mais baixos. Como muito do Zooplâncton é herbívoro, os valores baixos de densidade a partir de 2006 podem estar relacionados com os valores também mais baixos de clorofila a, excepto a partir de 2010, em que voltou a observar-se um acréscimo na densidade do Zooplâncton. Muitos zooplancntones podem tornar-se detritívoros se não houver algas, pelo que essa poderá ser uma alternativa alimentar que explique estes valores mais elevados da densidade.

Os desvios observados em relação à média dos valores anuais são muito elevados e positivos nos anos em que a densidade foi extremamente elevada, como seria de esperar. Não se observa uma tendência nos desvios em relação à média anual. No ano transacto o desvio foi pequeno e positivo.

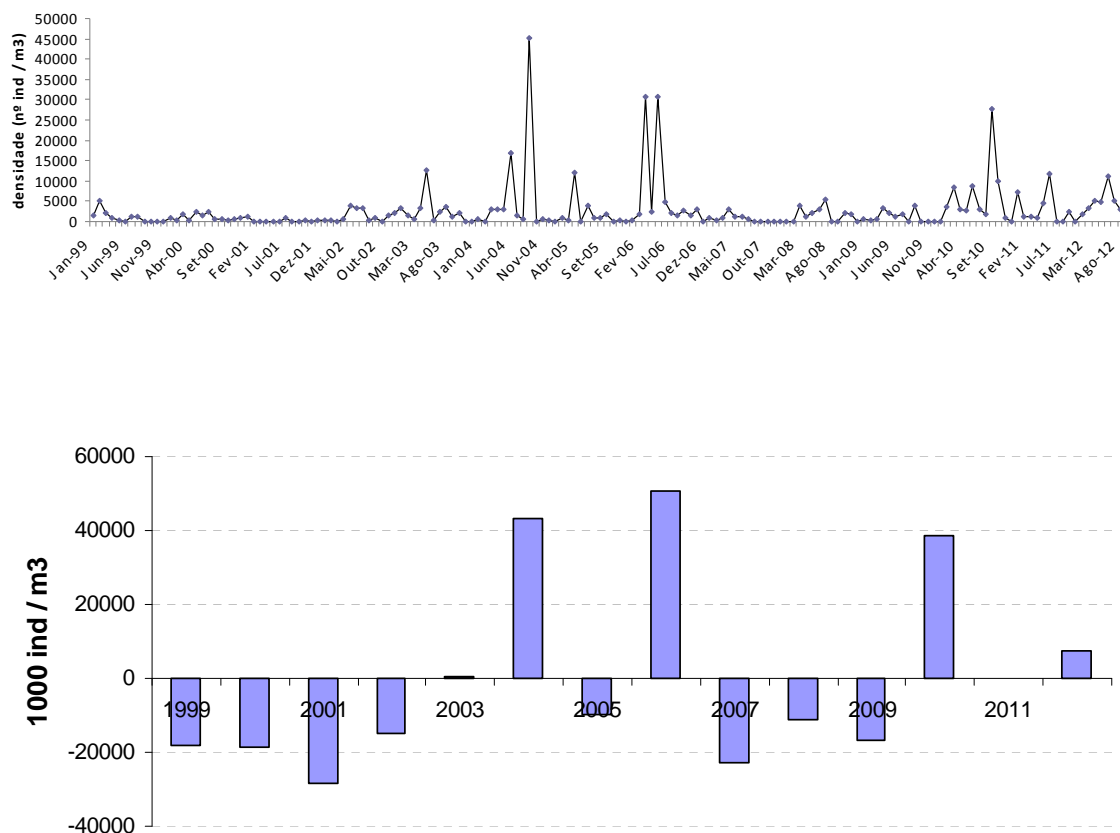


Figura 7. Série total dos resultados da densidade do Zooplâncton (número de indivíduos m^{-3}), para as estações estudadas (gráfico de cima). Desvio da densidade média anual de Zooplâncton em relação à média anual do período monitorizado, 1999-2012 (gráfico de baixo).

5. Macroinvertebrados e ictiofauna

As comunidades de macroinvertebrados bentônicos são extremamente influenciadas pelo tipo de substrato existente pelo que é fundamental analisá-lo. A figura 8 mostra a composição do teor de vasa encontrado nos últimos treze anos de monitorização para as várias estações de amostragem. Pode constatar-se que as estações 2, 4 e 5 (situadas na Cala Norte) são as que apresentam menor variação, tendo um teor de vasa que ultrapassa sempre os 90%. As estações 1 e 3, situadas fora da Cala Norte, registaram a maior variabilidade que, no caso da primeira, sofreu oscilações interanuais bastante acentuadas que evidenciam a forte dinâmica estuarina que é mais acentuada nesta região.

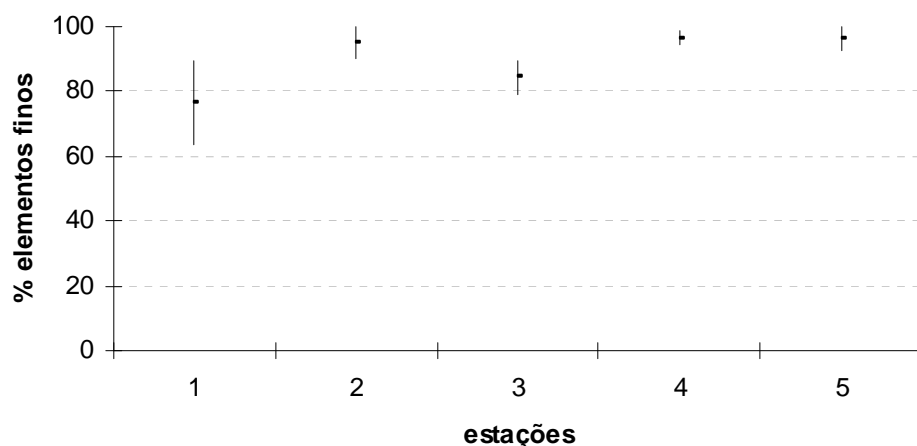


Figura 8. Composição (média e desvio padrão) de elementos finos (vasa) por estação de amostragem e para o período de 1999 a 2012.

A comunidade endofaunística tem sofrido oscilações anuais desde 1999 até ao presente mas tem-se registado uma tendência para um aumento em relação à média desde 2005 (Figura 9). A estação 1 com um sedimento mais diversificado, ou seja, com menor componente vasosa tem sido a maior responsável por este aumento. Tal como em anos anteriores, a comunidade foi dominada por poliquetas, particularmente das espécies *Streblospio shrubsolii* e *Hediste diversicolor*, conotadas por preferirem ambientes ricos em matéria orgânica e apresentarem uma boa resistência a diversos tipos de distúrbios. Estes poliquetas alimentam-se de partículas depositadas no substrato, destabilizando os sedimentos coesivos do mesmo, por alterar o tamanho das partículas e aumentar o conteúdo em água.

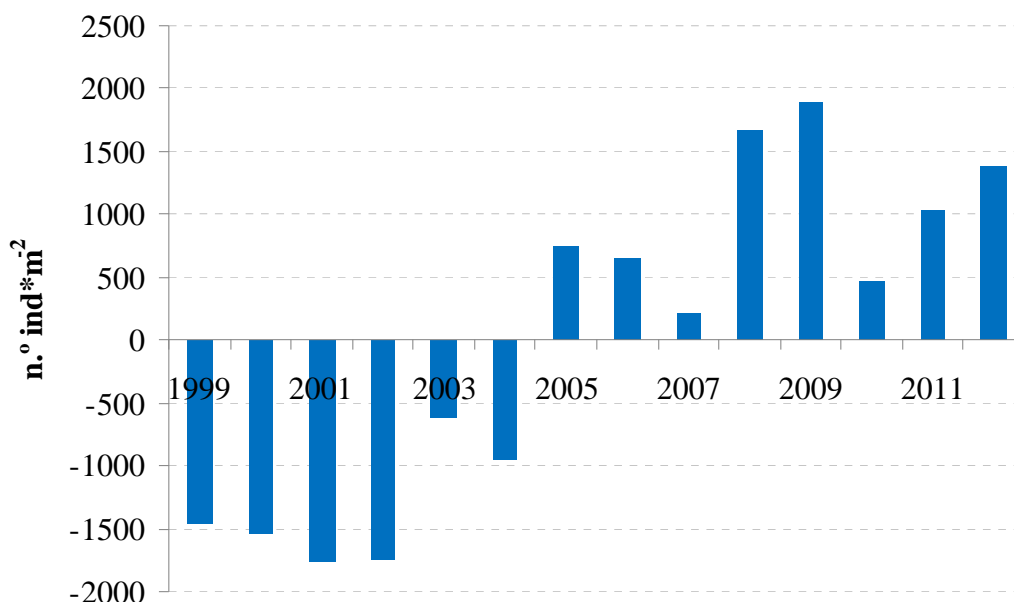


Figura 9. Desvio da densidade média anual (número de indivíduos m^{-2}) da endofauna em relação à média do período monitorizado (1999-2012).

O estado de perturbação das comunidades tem sido avaliado através do método ABC (Abundance and Biomass Comparison, Warwick, 1986). De uma maneira geral, sempre que os valores de biomassa são superiores aos de densidade, então a comunidade encontra-se num estado de não perturbação. É precisamente esta situação que se tem verificado nas estações de amostragem desde 2003, ano em que ocorreram duas situações de perturbação moderada (estações 4 e 5) como está exemplificado na figura 10. No entanto convém realçar que os elevados valores de biomassa são obtidos pela presença de uma espécie (e não por várias como seria desejável se estivéssemos face a uma comunidade em condições normais de equilíbrio) de bivalves que só por si representa sempre mais de 90% deste parâmetro. Por outro lado, o número de espécies presentes na zona continua baixo e a comunidade tem sido dominada por espécies de grande resistência à poluição como é o caso dos poliquetas *S. shrubsolii* e *H. diversicolor* e dos Oligochaeta (cf. Relatório anual de Outubro de 2012), dados que devem ser tomados em consideração numa avaliação global do estado de perturbação das comunidades.

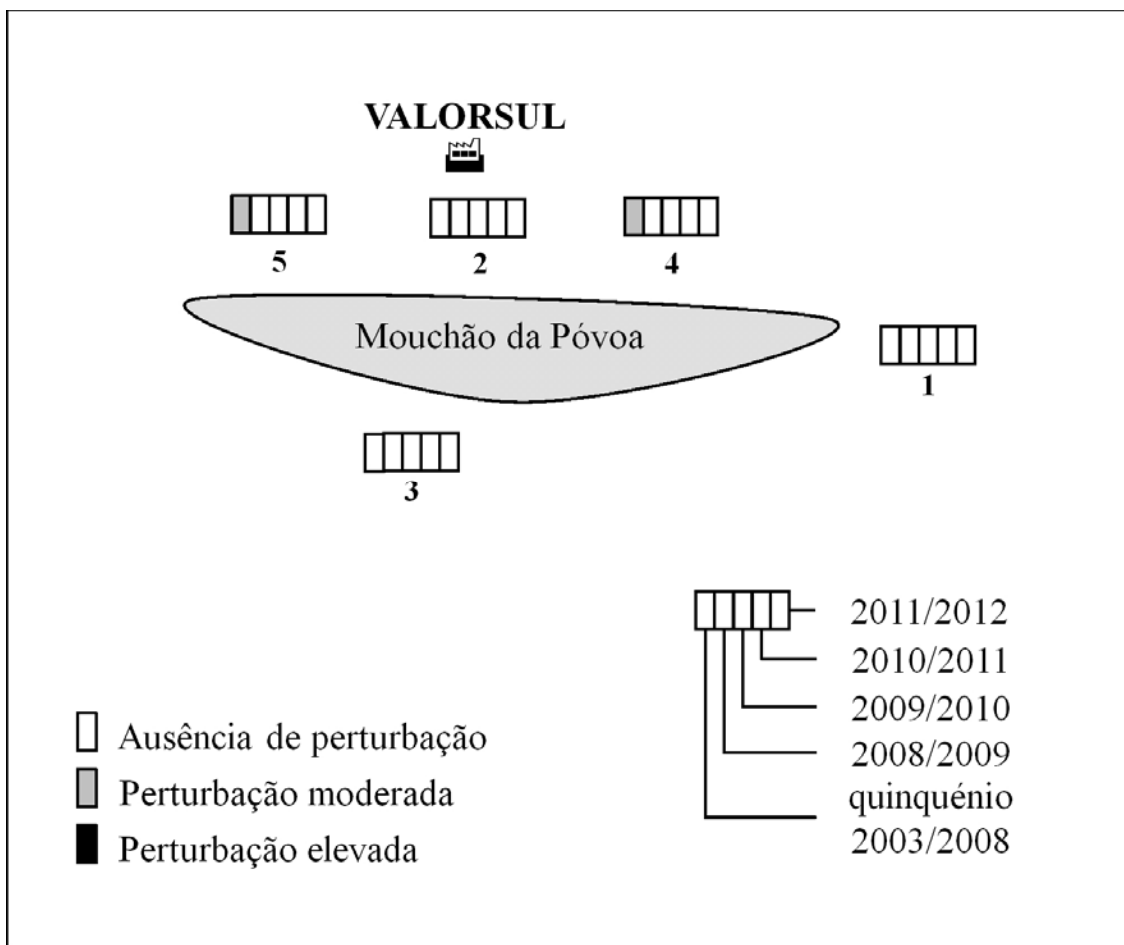


Figura 10. Comparação do estado de degradação de cada estação de amostragem entre os anos de 2003e 2012.

A comunidade epifaunística tem sido dominada por duas espécies de crustáceos decápodes: o camarão-mouro, *Crangon crangon* e o caranguejo-verde *Carcinus maenas*. As figuras 11 e 12 apresentam os desvios da densidade média anual (número de indivíduos m^{-2}) em relação à média do período monitorizado (1999-2012), respectivamente do camarão-mouro e do caranguejo-verde. Em ambas as figuras se nota um período de maior densidade correspondente aos anos de 2004 a 2007 (2006 no caso do caranguejo-verde) contrastando com dois períodos de menor densidade, 1999-2003 e 2008-2012. Este aumento de densidade resulta muito provavelmente de excelentes condições ambientais que proporcionaram um aumento do fitoplâncton e zooplâncton (cf ponto 4), aumento esse que se veio a reflectir na teia trófica do estuário do Tejo. Com

efeito, o Zooplâncton constitui um dos itens alimentares preferenciais do camarão-mouro que, por sua vez, pode ser uma presa para o caranguejo-verde.

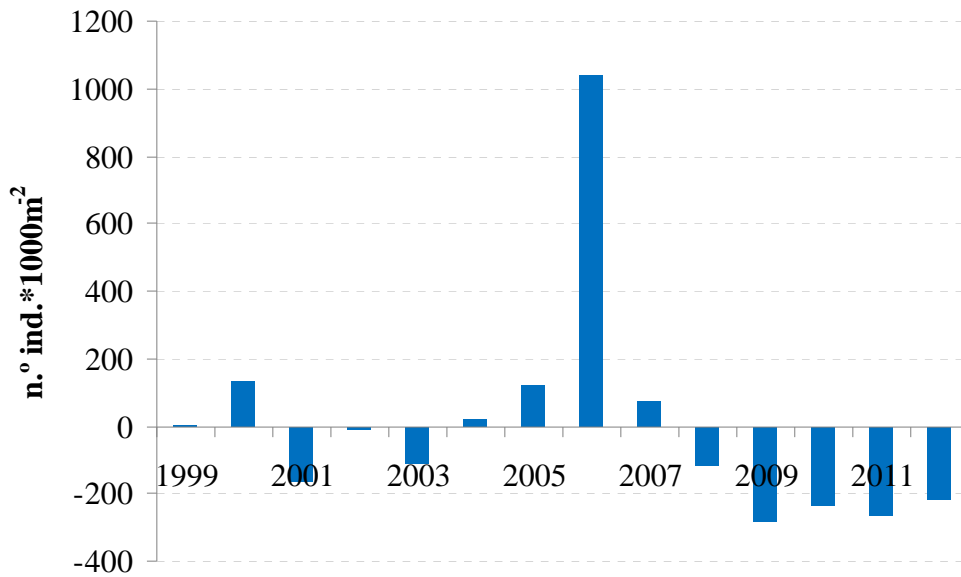


Figura 11. Desvio da densidade média anual (número de indivíduos m⁻²) do camarão-mouro, *Crangon crangon* em relação à média do período monitorizado (1999-2012).

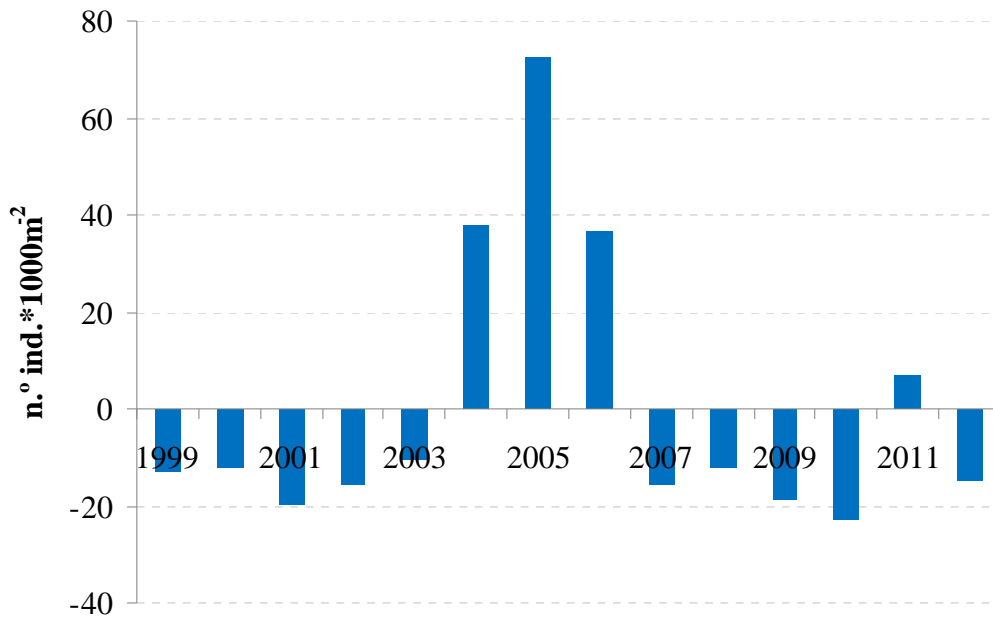


Figura 12. Desvio da densidade média anual (número de indivíduos m⁻²) do caranguejo-verde *Carcinus maenas* em relação à média do período monitorizado (1999-2012).

A comunidade ictíca tem sido dominada por uma espécie, o caboz-da-areia, *Pomastoschistus minutus*, cuja densidade tem vindo a apresentar uma tendência decrescente desde o ano de 2002. Tal facto pode dever-se a uma competição com outra espécie *P. microps*, eventualmente melhor adaptado a flutuações ambientais, especialmente a menores valores de salinidade.

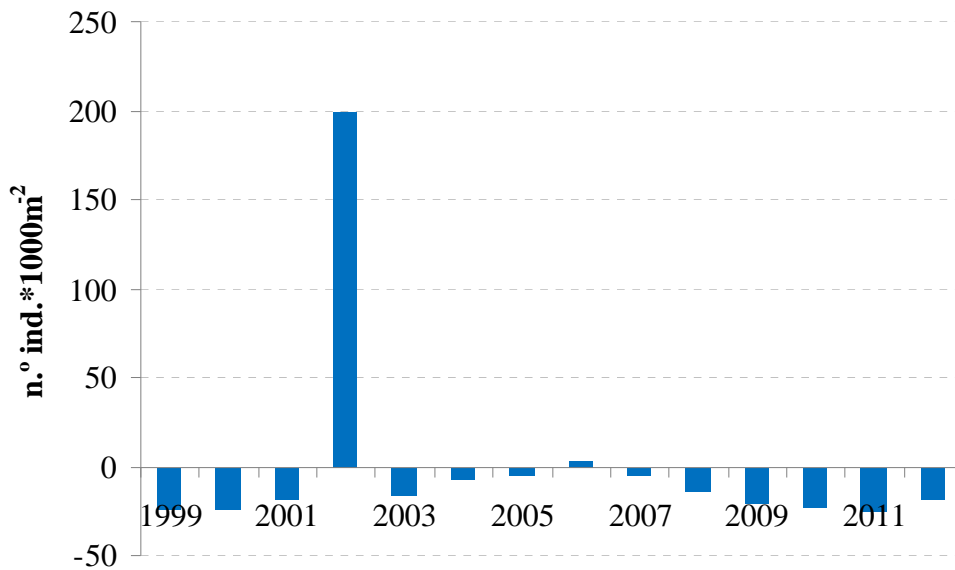


Figura 13. Desvio da densidade média anual (número de indivíduos m⁻²) do caboz-da-areia, *Pomastoschistus minutus* em relação à média do período monitorizado (1999-2012).

6. Contaminantes

6.1. organoclorados e metais

As concentrações de compostos organoclorados (bifenilos policlorados (tPCB)) estão dentro da média de valores encontrados na monitorização que tem vindo a ser realizada desde 1999 (Figura 14). O facto dos valores mais elevados ocorrerem nas amostragens de Outono e Inverno, sugere que tais valores podem resultar de escorrências das margens para o estuário. Convém, no entanto, referir que estes valores estão muito abaixo dos níveis admissíveis para consumo humano. Relativamente aos metais, a evolução temporal das concentrações de cádmio (Cd) e mercúrio (Hg), presente na figura 14, mostra que os teores determinados em 2012 são dos mais elevados de toda a série temporal, e no caso do mercúrio, os teores encontrados no camarão-mouro em Fevereiro ultrapassam mesmo os níveis admissíveis para consumo humano.

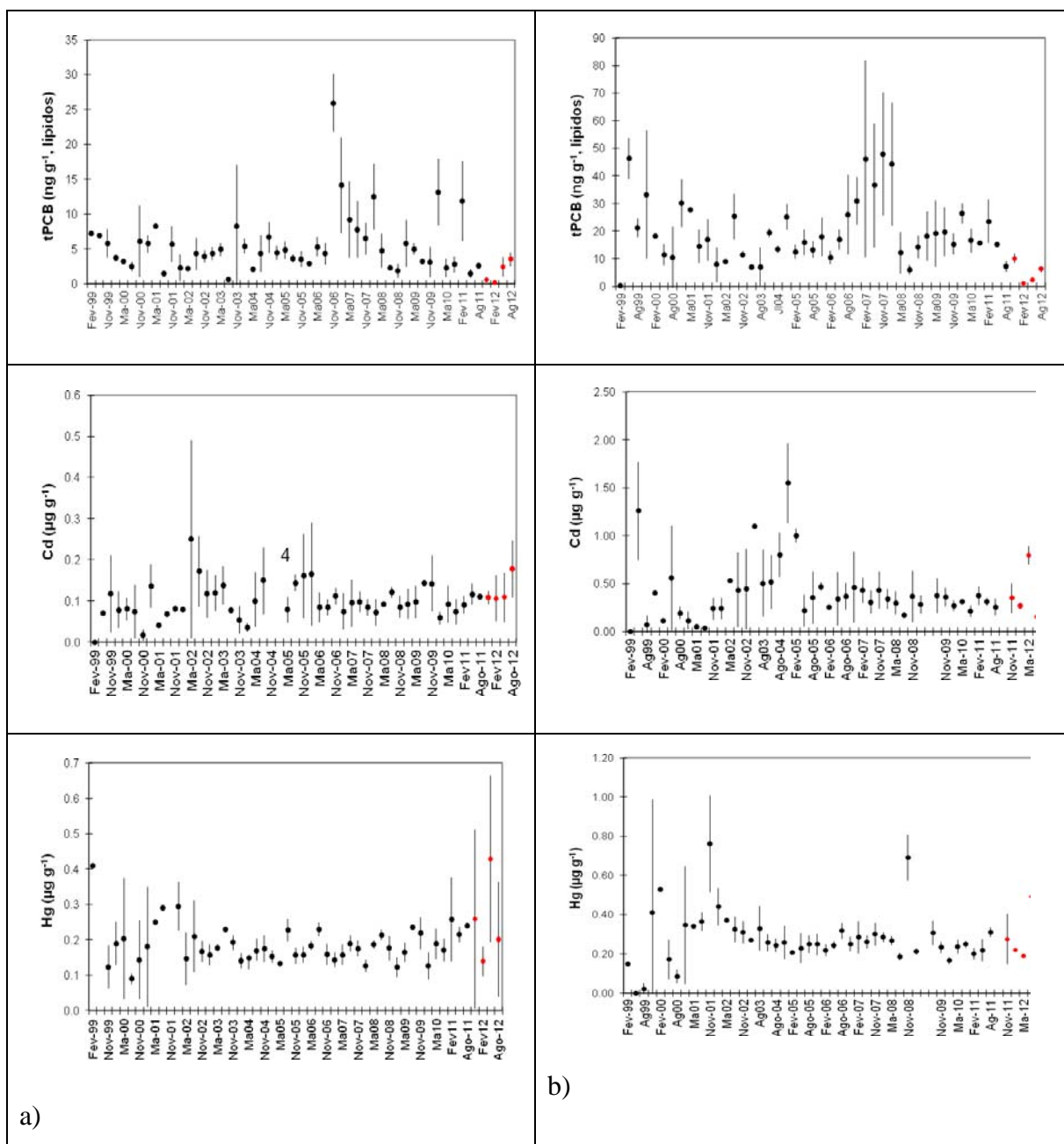


Figura 14. Concentrações de bifenilos policlorados (tPCB), cádmio (Cd) e mercúrio (Hg) no camarão-mouro *Crangon crangon* (a) e no caranguejo-verde *Carcinus maenas* (b) capturados entre 1999 e 2012.

6.2. dioxinas e furanos

As análises dos teores de dioxinas e furanos foram efectuadas por cromatografia gasosa e com recurso a um espectrofotómetro de massa de alta resolução na EUROFINS

(Münster, Alemanha), com excepção do ano de 2012 que foram realizadas pelo ALS Group (República Checa).

A variação de concentração de dioxinas e furanos em briófitos foi realizada nas estações 4A (São João da Talha) e 5 (Fábrica da Manteiga – Sacavém) utilizando o líquene *Evernia prunastri*. Entre os anos de 2003 e 2012 colheu-se *Evernia prunastri* em diferentes locais entre eles, a Serra de Aires e Candeeiros, a Serra de Montemuro, a Serra da Malcata, entre outros locais onde se admite que não existem fontes destes compostos ou que estas fontes são muito reduzidas.

Nos primeiros anos de monitorização a estação 5 (Fábrica da Manteiga) revelou valores mais elevados de dioxinas e furanos, o que não se tem verificado nos últimos anos. Este facto não está necessariamente associado com um decréscimo de emissões destes compostos mas a alteração na localização do transplante. Como podemos verificar pela figura 15, em 2006 ocorreu o derrube do forófito inicial. Foi seleccionado um novo forófito que se encontra a uma altitude inferior daí o transplante se encontrar a uma altitude também inferior e por isso menos exposto. Pela análise desta figura, verifica-se que as concentrações de dioxinas e furanos diminuíram relativamente ao ano anterior. É de realçar que 2006 a estação de monitorização número 5 (Fábrica da Manteiga – Sacavém) passou a ter valores inferiores à estação de monitorização 4A (São João da Talha), o que não se verificava anteriormente. Este facto está relacionado com a alteração na localização do transplante, uma vez que o forófito inicial foi derrubado. O novo forófito encontra-se a uma altitude inferior e por conseguinte o transplante encontra-se menos exposto.

Tal como se verificou na última campanha de monitorização, as concentrações de dioxinas e furanos no líquene *Evernia prunastri*, são semelhantes para os dois locais de monitorização, bem como no material controle. Este facto pode ser explicado possivelmente pela ocorrência de fogos, não detectados no momento da recolha dos transplantes, e que favoreceram valores elevados de dioxinas e furanos no material controle.

O teor destes compostos têm sido aceitáveis para uma região tão industrializada prevendo-se que se existir uma alteração preocupando nos níveis de dioxinas e furanos seja detectada prontamente por este biomonitor.

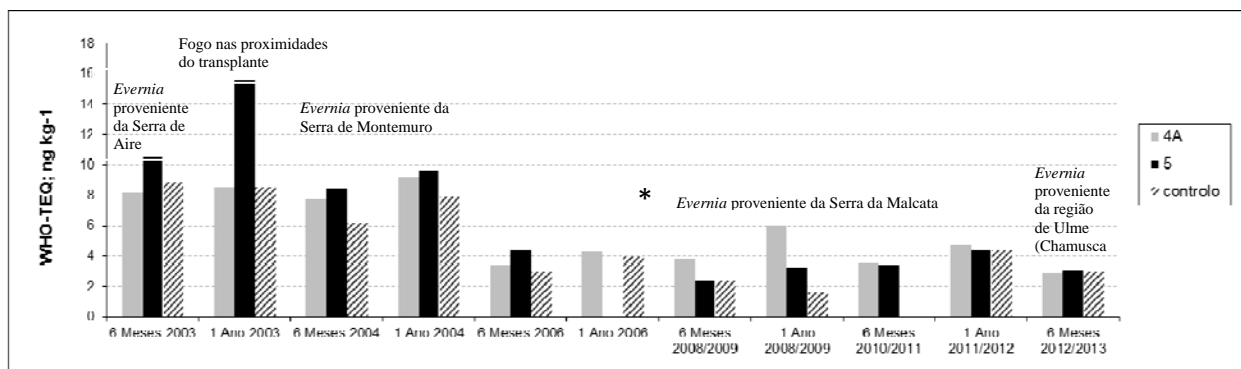


Figura 15. Concentrações de dioxinas e furanos (WHO-TEQ; ng kg⁻¹) após seis meses e um ano de exposição em diferentes anos de análise. Referência à ocorrência do fogo na estação 5, aos períodos de exposição e à origem do material para o transplante. *Material extraviado.

Para a fauna (Figura 16), foi analisada a rã-verde *Rana perezi* (fauna terrestre), o camarão-mouro *Crangon crangon*, o caranguejo-verde *Carcinus maenas* e o caboz-da-areia *Pomatoschistus minutus*, estas últimas três espécies pertencentes à fauna estuarina.

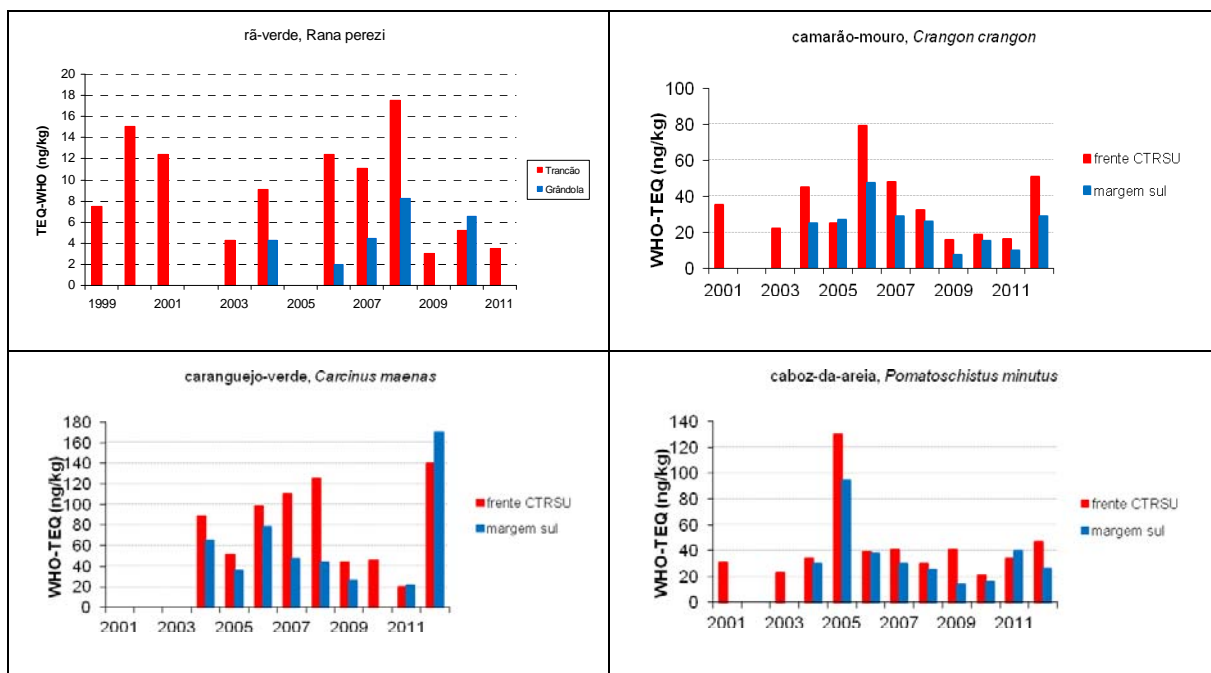


Figura 16. Teores de dioxinas e furanos determinados na rã-verde, no camarão-mouro, no caranguejo-verde e no caboz-da-areia.

No caso da rã-verde, os valores para a população do Trancão apresentam grandes flutuações em torno de uma média de $9,18 \text{ ng kg}^{-1}$, e até 2008 foram sempre claramente superiores aos valores obtidos para a população de Grândola, com uma média de $5,11 \text{ ng kg}^{-1}$. A partir de 2009, os valores de dioxinas no Trancão baixaram para um valor médio de $3,92 \text{ ng kg}^{-1}$, passando a ser comparáveis com os valores de Grândola (Figura 16). Em 2012, e tal como aconteceu em 2002 e 2005, não foram efectuadas análises nesta espécie devido à seca dos locais de reprodução. Os animais analisados são recém-metamorfoseados, expostos aos agentes poluentes durante apenas 4 a 6 meses. Este esquema de amostragem permite-nos considerar os resultados de cada ano como amostras independentes e como indicadores da poluição específica daquele ano, o que não aconteceria se a amostragem incluísse adultos, onde a acumulação de poluentes teria duração variável com a idade do indivíduo.

Embora na literatura não tenham sido encontrados valores de referência para anfíbios, o teor base de dioxinas determinado em ratos não submetidos a fontes poluidoras foi de 4 ng kg^{-1} (U.S. E.P.A., 1989). Este valor de referência é muito próximo do encontrado na população de Grândola, assim como na população do Trancão nos últimos 3 anos. Isto é uma indicação de uma diminuição dos níveis de poluição na envolvente à CTRSU nos últimos três anos, indicando que a deposição de dioxinas e furanos na região do Trancão se aproximou dos valores de uma região pouco poluída.

Relativamente ao camarão-mouro (Figura 16), constata-se que, de 2003 a 2006, há uma tendência crescente nos teores de dioxinas encontrados no camarão-mouro mas, a partir de 2006, essa tendência é decrescente, apresentando o ano de 2009 os teores mais baixos da série de dados disponíveis. De 2009 a 2012, observa-se nova tendência crescente nos teores de dioxinas, registando o ano de 2012, os segundos valores mais elevados de toda a série de dados. Esta mesma tendência foi encontrada na população da margem sul evidenciando que todo o ambiente estuarino tem estado sob uma crescente influência de factores antropogénicos mas em menor quantidade nesta região.

No caso do caranguejo-verde (*Carcinus maenas*), os teores de dioxinas e furanos determinados entre 2005 e 2008 revelam uma tendência crescente (Figura 16). Entre 2009 e 2011 os valores determinados foram muito mais baixos, variando entre 20 e 45 ng kg^{-1} mas, em 2012, os valores foram os mais elevados de todo o período analisado (cerca

de 140 ng kg⁻¹). Os teores observados nos indivíduos capturados na margem sul, sendo proporcionalmente menores, não evidenciam o padrão da população da cala norte, mostrando uma tendência decrescente entre 2006 e 2011. Em 2012, os teores observados foram também os mais elevados da série de dados e surpreendentemente superiores aos determinados para a estação frente à CTRSU.

O caboz-da-areia (*Pomatoschistus minutus*) foi a única espécie piscícola analisada. Esta espécie contraria a tendência decrescente verificada nas duas espécies de crustáceos analisados. Com efeito, a partir do ano de 2005 em que se registaram teores de dioxinas e furanos extremamente elevados, a série de anos entre 2006 e 2011 indiciava uma tendência para alguma estabilidade à volta de um valor médio inferior a 40 ng kg⁻¹ (figura 16). Em 2011, os teores encontrados nesta espécie situaram-se nos 34 ng kg⁻¹. Em 2012, regista-se novo aumento dos teores de dioxinas para valores de 47 ng kg⁻¹, só inferiores aos de 2005. Pelo contrário, na margem sul, assiste-se a uma tendência decrescente desde 2005, tendo os teores de 2009 sido os mais baixos de sempre para esta espécie. Em 2011 e 2012, registou-se um aumento substancial para níveis semelhantes aos de 2006.

Acrescente-se ainda que algumas destas espécies (rã-verde e crustáceos, o camarão-mouro e o caranguejo-verde), ao serem objecto de consumo humano directo ou indirecto (no caso dos crustáceos e ao fazerem parte da dieta de importantes espécies piscícolas de interesse comercial como a corvina e o robalo), revelam grande preocupação pelos valores registados nos últimos anos uma vez que têm estado acima dos valores de referência enquadrados na legislação comunitária para peixes e produtos da pesca (4 ng WHO-PCDD/F-TEQ/ kg peso fresco), sendo particularmente preocupantes os observados no caranguejo-verde.

7. Referências bibliográficas

- Bento-Pereira F. & C. Sérgio 1983. Líquenes e briófitos como bioindicadores da poluição atmosférica - II Utilização de uma escala quantitativa para Lisboa. *Revista de Biologia* **12**: 297-312.
- Gaspar, M. 2010. Distribuição, abundância e estrutura demográfica da amêijoia-japonesa (*Ruditapes phillipinarum*) no Rio Tejo. IPIMAR, relatório técnico, Junho de 2010.

- Sérgio, C. & Bento-Pereira, F. 1981. Líquenes e briófitos como bioindicadores da poluição atmosférica. I. Utilização de uma escala qualitativa para Lisboa. *Boletim da Sociedade Broteriana* **54** (2ª série): 291-303.
- Sérgio, C. & Sim-Sim, M. 1985. Estudo da poluição atmosférica no estuário do Tejo. A vegetação epifítica como bioindicadora. *Portugaliae Acta Biologica* (B) **14**: 213-244.
- Warwick, R. M. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol.* **92**: 557-562